„Untersuchungen über die entkalkende Wirkung verschiedener Zucker-Speichelgemische auf den Schmelz extrahierter Zähne."

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität
zu Göttingen

vorgelegt

am 21. Juni 1939

von

Herbert Leisenberg
appr. Zahnarzt
aus Kleinburgwedel.

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen.
Direktor: Professor Dr. H. H. Rebel.

„Untersuchungen über die entkalkende Wirkung verschiedener Zucker-Speichelgemische auf den Schmelz extrahierter Zähne."

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität
zu Göttingen

vorgelegt

am 21. Juni 1939

von

Herbert Leisenberg
appr. Zahnarzt
aus Kleinburgwedel.

Göttingen 1939.

Dekan: Prof. Dr. Rud. Stich.
Berichterstatter: Prof. Dr. H. H. Rebel.
Tag der mündl. Prüfung: 7. Juli 1939.

Karies künstlich hervorzurufen, versuchte schon 1867 Magitôt. Gährende Eiweißstoffe, Kohlehydrate, aber auch verschiedene Säuren und Salze ließ er in vitro auf extrahierte Zähne einwirken. Ohne mikroskopisch zu untersuchen, bezeichnete er das sich makroskopisch darbietende Resultat als gleich der Karies in vivo. Jahre später führte W. D. Miller ähnliche Versuche in genauerer Form durch. In seiner Arbeit „Mikroorganismen der Mundhöhle" beschreibt er Versuche, die mit zerschnittenen Zähnen und einem Brotspeichelgemisch ausgeführt wurden. Über drei Monate lang hielt er diese Mischung bei einer Temperatur von 37°, wobei das Gemisch ab und zu erneuert wurde. Seine Experimentalkaries soll makroskopisch wie mikroskopisch dem Bild in vivo entsprochen haben. Miller sah Bakterien in den Dentinkanälchen bis zur gewöhnlichen Tiefe vorgedrungen.

1919 trat Walkhoff mit seinen Versuchen an die Öffentlichkeit. Er verwandte ganze Zähne, die mit Wachs überzogen waren. Nur an einigen Stellen war das Wachs entfernt und dem Einfluß eines Brot-Speichel-Gemisches ausgesetzt. Sein Ergebnis kleidete er in die Worte: „Diese an den ganzen Zähnen an jeder beliebigen Stelle künstlich erzeugte Zahnkaries kann von der natürlichen weder makroskopisch noch mikroskopisch unterschieden werden."

Angeregt durch Walkhoff unternahm Bolbrinker eigene Experimente und kam zu demselben Ergebnis. Er benutzte allerdings später eine reine Bakterienaufschwemmung an Stelle des Brot-Speichel-Gemisches und erzeugte in weitaus kürzerer Zeit dieselben Ergebnisse. Auch Seitz fand nach 124 Tagen bei fast derselben Versuchsanordnung an sämtlichen Zähnen Karies, die sich nach seiner Ansicht im histologischen Bild nicht von der natürlichen unterschied. Diese Ergebnisse unterzog Jahre später Hallberg einer Kritik. Seine Versuchsanordnung lehnte sich der von Walkhoff an. Besonders wertete er seine Versuche nach der bakteriologischen Seite hin aus, indem er vom Gemisch und den kariösen Stellen Ausstrichpräparate herstellte. Die Ergebnisse seiner Forschung deckten sich nicht mit denen von Miller, Bolbrinker, Walkhoff und Seitz. Er schreibt über seine eigenen Versuche: „Durch die vorhergehenden Untersuchungen ist festgestellt, daß sich am Zahn im Reagenzglas nur ein rein chemischer Prozeß bei völliger Auflösung der Zahnsubstanz (Entkalkung) abspielt, und daß keine Bakterieneinwanderung stattfindet wie bei der natürlichen Karies." Fasoli, Manicardi und M. Solinas bestätigten kürzlich die Arbeiten Hallberg's und erklärten, daß die Karies in vitro nichts anderes darstelle als eine Entkalkung; Bakterien seien erst nach drei Monaten nachzuweisen.

Beretta hingegen schließt sich der Ansicht Miller's an. Die von Miller erzeugte Karies sei weder makroskopisch noch mikroskopisch von der natürlichen Karies zu unterscheiden.

1937 wurden im hiesigen Institut eigene Versuche von Klie durchgeführt, deren Endresultat die Beobachtungen von Miller, Walkhoff, Bolbrinker, Seitz und Beretta nicht bestätigen konnte. Die mikroskopische Untersuchung der Karies in vitro zeigte stets nur eine gewisse oder auch nur eine ganz entfernte Ähnlichkeit mit der Karies in vivo.

Waren alle diese Versuche fast ausschließlich mit Brot-Speichel-Gemischen unternommen worden, so schickten sich nun auch einige Forscher an, andere Kohlehydrate in ihrer Wirkung auf den Schmelz in vitro zu prüfen. Vor allem wandte sich das Interesse dem Zucker zu, der der Volksmeinung entsprechend ganz besonders „schlechte Zähne" verursachen sollte.

1915 berichtet Hopewell-Smith über das Ergebnis seiner klinischen und experimentellen Beobachtungen. Er schreibt: „In other words, it is believed that the bacteria of the mouth, accumulating on the surface of the theeth, reduce carbohydrate foods to sugar, and change it to lactic acid." (In anderen Worten, es besteht die Meinung, daß die Mundflora an der Oberfläche der Zähne haftend kohlehydrathaltige Nahrungsmittel zu Zucker reduziert und diesen in Milchsäure überführt.) Und an anderer Stelle: „It is highly important to note, that the use of candies in the mouth may lead to dental destruction by mechanical, chemical, and bacteriological means." (Es ist höchst wichtig zu wissen, daß der Gebrauch von Kandiszucker im Mund zur Zahnzerstörung auf mechanischem, chemischem und bakteriologischem Wege führt.)

Der Tatsache, daß man der Zuckerfrage ein regeres Interesse entgegenbrachte, lag einerseits wie schon gesagt die Volksmeinung zugrunde, daß Süßigkeiten bzw. Zucker ganz besonders „schlechte Zähne" verursachten, andererseits, daß sich die Weltzuckerproduktion und somit der Konsum an Zucker ungeheuer vergrößert hatte. Nach Mathis betrug im Jahre 1852/53 die Weltproduktion an Rohrzucker 1 260 000 t, an Rübenzucker 203 000 t. Die entsprechenden Zahlen für 1932/33 sind 16 663 000 t bzw. 8 119 000 t.

Diese Erhöhung des Zuckerkonsums pro Kopf der Bevölkerung beschäftigte ganz besonders eine Gruppe von Forschern, die die alte lokalistische Theorie Millers von der Aetiologie der Karies mehr in den Hintergrund treten ließ und dafür in endogener Disposition und allgemeinen Stoffwechselstörungen die Ursache der Karies erblickten und damit das Auftreten der Karies von der Struktur der Zähne abhängig machten. Wortführerin war besonders M. Mellanby, deren großes Verdienst es ist, hierbei besonders auf den Vitaminstoffwechsel aufmerksam gemacht zu haben, was aber als Nebenwirkung zur Folge hatte, daß den lokalen

Vorgängen nicht mehr die gebührende Aufmerksamkeit gewidmet wurde. L. W. Smith, Russel, W. Bunting und M. Mellanby waren der Meinung, daß der Zuckergehalt der Nahrung einen wesentlichen Einfluß auf die Zahnkaries hätte. Im Tierversuch an Hunden stellten dann die Japaner Katases und seine Schüler fest, daß eine reine Zuckernahrung zu dystrophischen Veränderungen an Kiefern und Zähnen führe. Diese Versuche konnten von Harndt nicht bestätigt werden.

Rademacher kam auf Grund seiner Untersuchungen über die Ursache der Zuckerbäckerkaries zu dem Schluß, daß eine Schädigung der Zahnsubstanz mittelbar und unmittelbar durch den Zucker verursacht werden könnte. Unmittelbar durch die lokale Einwirkung der im Munde durch Vergärung entstehenden Milchsäure und mittelbar durch die schädigende Wirkung über den Stoffwechsel in Form einer Azidose. Dieser Meinung ist auch Steudel, der der Ansicht von M. Mellanby beipflichtet, daß die Karies vor allem von der Struktur des Zahnes abhängig sei, der aber erklärt, daß noch viele Einzelheiten zu klären seien, unter anderem die lokalen Vorgänge im Munde. Er stellte Versuche an und ließ Zuckerspeichellösungen auf Zähne einwirken und kam dann zu dem Schluß, daß allein die H-Ionenkonzentration ausschlaggebend sei für den Angriff der Zuckerlösungen auf den Schmelz. Dagegen wandte sich Wohinz, indem er bewies, daß richtig gepufferte saure Lösungen Schmelz nicht angreifen, die Ansicht Steudels also nur bedingt richtig sei.

Thomalla und Spengler kamen auf Grund der Ergebnisse eines Rundschreibens an 22 Universitäts-Institutsleiter zu dem Ergebnis, daß keinerlei Nachweis dafür erbracht sei, daß normaler Zuckergenuß die Zähne zerstöre. Zucker auf die Zähne gebracht, ganz gleich in welcher Form, schädige die Zähne in keiner Weise, erst wenn nach Einwirkung des Ptyalins aus dem Rübenzucker Traubenzucker geworden sei und dieser noch an den Zähnen hänge, könne unter dem Einfluß von Mikroorganismen Gärungsmilchsäure entstehen, die unter Umständen nachteilig auf den Schmelz einwirke; in dieser Beziehung sei aber der Zucker nicht schädlicher als die Brotnahrung, habe sogar noch den Vorteil, daß er leichter von den Zähnen entfernt werden könne. Gute Mundpflege vorausgesetzt, habe also der Zucker für die Zähne nicht den geringsten Nachteil. Hiergegen wendet sich Kunert unter Hinweis auf seine Untersuchungen in Bäckereien und Betrieben, wo Zucker verarbeitet wird, und auf Beobachtungen in seiner Privatpraxis. Er sah recht erhebliche Schädigungen der Zähne durch Zucker in Betrieben — Zuckerbäckerkaries —, aber auch bei Menschen, die regelmäßig naschten, und bei Kindern, die dann vielleicht noch nicht eine sorgfältige Mundpflege dazu trieben. Ragnar Berg stimmt diesen Ausführungen Kunerts im allgemeinen bei.

Wannenmacher nimmt folgende Stellung zur Zuckerfrage. Er schreibt: „In der sog. Zuckerfrage kann man, wenn man sich praktisch

utopischen Extremen fernhält, meines Erachtens den anschließend geäußerten Standpunkt rechtfertigen:

Wie früher schon erwähnt, ist es selbstverständlich unmöglich, die Gesamtnahrung einseitig auf der Zuckerbasis aufzubauen, denn es kommt ja auf die harmonische Abstimmung der einzelnen Komponenten in der Gesamtnahrung an. Auf der anderen Seite steht die wiederholte und häufige Beobachtung, daß bei reichlichem Zuckergenuß die Kariesfrequenz ansteigt, wobei aber betont werden muß, daß die Frequenzsteigerung nicht in jedem Falle eintritt. Man kann immer wieder Individuen beobachten, die bei reichlichem Zuckergenuß in starkem Maße karieskrank sind. Der Zucker allein wird eine Karies nicht verursachen, sondern es müssen noch andere Faktoren hinzutreten. Es kommt meines Erachtens sehr in Frage, in welcher Form der Zucker genossen wird. Wird er in stark klebrigem Zustand, wie es bei manchen Bonbons, Schokoladen und auch bei zahlreichen Feingebäckwaren der Fall ist, aufgenommen, so ist die Gefahr erhöht, daß es zu Belagbildungen kommt, die ihrerseits die Basis für Säurebildungen und Bakterienanhäufungen abgeben. Ebenso scheint es mir von Wichtigkeit, in welchem Zeitraum der Zucker genossen wird. Es gibt Individuen (leider finden wir dies auch bei Kindern), die praktisch gesehen eigentlich den ganzen Tag irgendwelche Süßigkeiten im Munde haben müssen. In solchen Fällen wird sicher der Zuckergenuß einen lokal schädigenden Einfluß haben. Ganz bedenklich ist die Zuckeraufnahme vor dem Einschlafen, eine Unsitte, die gerade bei Kindern immer noch nicht abgestellt ist, denn hier werden die Wirkungen aus den Belägen während der ganzen Nacht ungestört vorhanden sein. — Sicher ist die natürliche und künstliche Reinigung bei Zuckergenuß von Wichtigkeit. Bei geringer Speichelsekretion oder Mundatmung wird es eher zu zähen festhaftenden Zuckerbelägen kommen können als bei reichlicher Speichelmenge und guter Mundpflege. — Jede Übermäßigkeit des Zuckergenusses wird schädliche Folgen haben können, wie es ja schließlich bei jeder Einseitigkeit in der Nahrung der Fall ist. Es erscheint mir aber ebenso wichtig, den Zucker als Bestandteil in der Nahrung zu haben. Gezuckerte Fruchtsäfte und Fruchtspeisen, auch gute Marmeladen, warme Getränke (Kakao, Schokolade, Tee, Kaffee) werden keinen schädigenden Einfluß haben. Ja selbst Süßigkeiten, die nur in einem kurzen bestimmten Zeitabschnitt genossen werden, können unbedenklich sein, wenn eine gute Zahnpflege möglich ist und auch durchgeführt wird, wodurch eine Belagbildung verhindert wird. Ist das Zahnmaterial schlecht, d. h. der Zahnschmelz in einem minderwertigen Zustand, so wird bei zahlreichen Retentionsstellen, wie es z. B. bei hypoplastischen Zähnen der Fall ist, die Haftmöglichkeit von zuckerreichen Belägen vergrößert. Es wird also immer betont werden müssen, daß bei ungünstigen Bedingungen der Stellung, Form und des Mineralisationszustandes der Zähne und Zuckeraufnahme die künstliche Reinigung gesteigert werden muß. An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, daß es meines Erachtens auch in anderer Hinsicht

wichtig ist, wann der Zucker genossen wird. Werden Zuckerwaren z. B. gerade von Kindern vor den Hauptmahlzeiten genommen, so wird die Aufnahme der Hauptnahrung stark herabgesetzt sein, wodurch unwillkürlich eine Einseitigkeit in der Ernährungsbilanz eintreten muß."

Auch Mathis nimmt in seiner Arbeit „Zahnkaries des Menschen" folgende Stellung zu dem Problem der Zuckerschädigung. Er schreibt: „In den Rahmen der Erörterung des schädlichen Einflusses eines gestörten Säurebasengleichgewichtes des Organismus auf das Zahnsystem läßt sich eine weitere, gerade im deutschen Schrifttum fast leidenschaftlich behandelte Frage einfügen: nämlich die Frage nach der Schädigung des Zuckerkonsums für das Zahnsystem, bzw. seine Beziehung zur Verursachung der Zahnkaries." Er geht dann auf die Ergebnisse Katases ein, auf die Tatsache der Erhöhung des Zuckerkonsums und auf den Hinweis, der immer wieder von nahrungsreformerischer Seite gegeben wird, daß „Industriezucker" im Gegensatz zu den „natürlichen Zuckern" sich nicht mit anderen dynamischen Stoffen in einem Gemenge befinde und damit „das chemische Gleichgewicht des Stoffwechsels" störe und solcherart zur Verschlechterung der Zähne führe. Mathis weist darauf hin, daß es aber die Karies gegeben habe, als man den Honig als einzigen Süßstoff gekannt habe, von dem neuerdings Wohinz behaupte, daß er durch die Mundflora nicht vergärbar sei. Auf die Frage, ob die Milchsäure das alleinschädigende Agens sei, kommt er zu dem Schluß, daß solches nicht der Fall sei, da ja auch andere Säuren bei der fermentativen Umsetzung entstehen könnten, wie Brenztraubensäure, Essigsäure, Buttersäure und Ameisensäure. Den Versuchen, die Karies in vitro zu erzeugen, steht er insofern skeptisch gegenüber, als seiner Meinung nach allein das wichtigste Ergebnis all dieser Versuche darin bestände, die Säurekonzentration festzustellen, die die Entkalkung einleitet, was einem pH = 5 ungefähr entspreche, der gleich der toleranten Säurekonzentration für die säurebildenden Mundbakterien sei. Zum Abschluß der Zuckerfrage schreibt er: „Daß dem Zucker, wie überhaupt den Kohlehydraten nicht jene verderbliche Rolle eignet, wie sie ihnen von manchen Ernährungsaposteln zugeschrieben wird, glauben wir im vorstehenden Abschnitt gezeigt zu haben."

Einen neuen Antrieb erhielt die Frage der Zuckerschädigung, als 1938 eine Entschließung der Reichsarbeitsgemeinschaft für Volksernährung in Fragen der Erhöhung des Zuckerkonsums veröffentlicht wurde. Sie lautete:

„Gegen eine Steigerung des Zuckerverbrauchs innerhalb des Kohlehydratbedarfs (zusammen 400—500 g Kohlehydrate täglich) bestehen keine gesundheitlichen Bedenken. Erfolgt eine Erhöhung des Zuckerverzehrs über den normalen Kohlehydratbedarf hinaus in Verbindung mit einer Zurücksetzung des Fettverzehrs, dann empfiehlt sich eine gleichzeitige Steigerung der Vitaminzufuhr durch frische Gemüse, Milch, Vollkornbrot, Kartoffeln und ähnliche Vitaminträger."

Zwei deutsche Autoren nahmen zu dieser Entschließung Stellung, die beide durch ihre jahrelange Arbeit auf dem Gebiet der Kariesforschung besonders berufen waren: Schröder und Wohinz.

In seiner Arbeit „Zucker und Zähne" beantwortet Schröder zwei Fragestellungen: 1. Besteht ein lokaler unmittelbarer Einfluß des Zuckers auf die mit ihm in Berührung kommenden Zähne? 2. Wie wirkt sich der Zucker im Wege des Stoffwechsels auf die Zähne aus?

Zur ersten Frage konnte sich Schröder einerseits auf eigene Beobachtungen, andererseits auf die Forschungsergebnisse von Wohinz beziehen. 1935 veröffentlichte Wohinz seine Arbeit „Über Versuche der primären Vorgänge bei der Zahnkaries". Er ließ Kaubrei von verschiedensten Kohlehydraten (Stärke, Zucker) auf Zähne einwirken und isolierte die angreifende Substanz, wobei er immer als angreifendes Agens Milchsäure fand. Auffallend an den Ergebnissen seiner Experimente ist ihm der Umstand, daß Rohrzucker und Bienenhonig vor allen anderen Zuckern eine Ausnahmestellung einnehmen und keine Milchsäure bilden. Er schreibt: „Gerade Rohrzucker, dessen schädigende Wirkung auf die Zähne noch heute besonders Kindern immer wieder vor Augen geführt wird, ist tatsächlich vollkommen unschädlich. Die Erforschung der Gründe dafür, daß Saccharose sich im Munde nicht zu Milchsäure umsetzt, wurde nach den verschiedensten Gesichtspunkten vorgenommen. Es bleibt als plausibelste Erklärung nur die, daß sich im Speichel das die Saccharose spaltende Ferment Saccharase nicht vorfindet und daher ein Zerfall zu Glukose, die als Milchsäurebildner im Munde die wesentlichste Rolle spielt, nicht stattfindet. Bei Bienenhonig sind andere Gründe maßgebend für seine Widerstandsfähigkeit gegenüber den Milchsäurebakterien. Er enthält, um der Zersetzung während des Winters im Bienenstock nicht zu verfallen, Spuren von Ameisensäure und Formaldehyd, die auch einem Zerfall durch die Bakterien des Speichels vorbeugen." Weiter führt Wohinz aus: „Alle diese Ausnahmen erforderten eine gründlichere Erfassung der für die Ernährung so wichtigen Kohlehydrate, besonders auch der Monosaccharide. Es wurden daher der größte Teil der zugänglichsten und für die Volksernährung wichtigen Mehl- und Zuckersorten gesondert auf ihre schmelzzerstörende Wirkung, sowie auf den hauptsächlichsten milchsäurebildenden Faktor untersucht. Das Ergebnis war folgendes:

Stärke bzw. Zucker	Zerfällt im Munde in	bildet Milchsäure	Bemerkungen
Glukose	Milchsäure	ja	greift Zahn an
Fruktose	?	kaum	manchmal schwache Einwirkung
Galaktose	—	nein	keine Einwirkung
Maltose	2 Mol Glukose	ja	starke Wirkung auf Zahn
Laktose	1 Mol Glukose 1 Mol Laktose	wenig	Spaltung im Speisebrei nicht deutlich nachweisbar, kaum Wirkung auf Zahn
Saccharose	—	—	—
Getreidestärken roh	zerfallen schwer	wenig	positive Milchsäurebildung nach 50—60 Stunden
Kartoffelstärke roh	langsam wie oben	kaum	Kartoffelbrei greift Zähne kaum merklich an
Bienenhonig besteht aus	1 Mol Glukose 1 Mol Glukose	nein	hemmende Wirkung von Formaldehyd u. Ameisensäure
Kunsthonig besteht aus	1 Mol Glukose 1 Mol Fruktose	ja	künstlich invertiert
Gebrannter Rohrzucker Caramel	zum Teil zerfallen in Glukose und Fruktose	ja	Zähne in Caramel und Speichel werden angegriffen

Es zeigt sich also, daß als vorwiegend schädigend alle die Stoffe in Frage kommen, die Glukose enthalten oder aus denen sie sich im Munde bilden kann.“ Dann macht Wohinz auf die Rolle des im Speichel befindlichen Mucin aufmerksam, das die am Zahn haftenden (Retention!) Nahrungs- und Genußmittel, die Milchsäure bilden, vor Neutralisation schützt, indem es diese wie mit einem Film überzieht, wodurch die Klebkraft und damit die Einwirkungsdauer noch erhöht wird. Am Schluß seiner Arbeit schreibt er: „Diese rein experimentell gewonnenen Erfahrungen decken sich gut mit Statistiken vieler Völker über Kariesverbreitung. Fleischesser (Eskimos) leiden nicht unter Karies, solange sie nicht in kultivierte Gebiete kommen. Malaien, die häufig Zuckerrohr kauen, haben ebenfalls keine Karies, wobei allerdings die Rolle des Betel- und Sirikauens nicht geklärt ist. Doch ließ sich eine interessante Bestätigung der Unschädlichkeit des Rohrzuckers für die Zähne bei einem Besuch einer Zuckermühle in Tangermünde feststellen. Während Mehlarbeiter und Bäcker unter Karies als Berufskrankheit leiden, haben Zuckerarbeiter fast keine Karies. In einem Falle hatte ein Arbeiter, der schon 30 Jahre in der Zuckermühle arbeitete, nicht einen kariösen Zahn.“ Auch in dem Vortrag „Zucker und Zähne“ auf dem IX. Deutschen Zahnärztetag in Berlin wies Wohinz auf diese seine Forschungsergebnisse hin, wobei er nochmals auf die Wirkung der Fermente und Bakterien im Speichel und der damit einhergehenden

Bildung der schädigenden Milchsäure aufmerksam machte. Doch stellte er schon hier die weithin intensivere Wirkung der durch Hefegärung entstehenden Säuren fest. Denn Hefe enthält stets Invertase und den ganzen Enzymkomplex, der die alkoholische Gärung verursacht. So vergor der Speichel eines Konditors, der ja dauernd mit Hefe in Berührung kam, eine Rohrzuckerlösung außerordentlich schnell unter Kohlensäureentwicklung. Auf letzteres wies Wohinz dann in seiner Arbeit „Neuere Erkenntnisse über die Gründe der Zahnschädigungen im Bäcker- und Konditorgewerbe" hin. Nachdem er auch hier die Wirkung der Milchsäure klarlegt, schreibt er: „Es mußte noch ein schneller wirkendes Übel vorhanden sein und dieses fand sich auch im Hefegebäck". Schon nach 17 Stunden konnte Wohinz beobachten, wie eine Rohrzuckerspeichellösung, der Hefe zugesetzt war, eine intakte Zahnoberfläche stumpf machte und nach 24 Stunden kreidig verfärbte.

Schröder bringt diese Ergebnisse von Wohinz, z. T. durch eigene Experimente erhärtet, zur Beantwortung der ersten Frage seiner Arbeit „Zucker und Zähne". Als wesentlichstes Resultat schreibt er: „Nicht die Anwesenheit des Zuckers im Zahnbelag, sondern vielmehr das gleichzeitige Vorhandensein von Erregern der alkoholischen Gärung führt zur Zahnhalskaries!" Zur Beantwortung der zweiten Frage äußert sich Schröder, daß die Untersuchungen im Anfang ständen, Tierversuche wie die von Katase nicht ohne weiteres übertragbar seien, wie ja auch diese Versuche im Gegensatz ständen zu den Beobachtungen von Harndt. So kommt er zu dem Schluß: „Die in praxi gemachten Erfahrungen berechtigen zu der Annahme, daß schädliche resorptive Wirkungen des Zuckers sich nur dann auswirken, wenn gleichzeitig eine einseitige, vorwiegend kohlehydrathaltige Kost genossen wird und ein Mangel an Mineralien und Vitaminen besteht."

Gegenüber der Feststellung von Wohinz, daß Rohrzucker vom Speichel nicht zur Säure vergoren wird und somit zu keiner Demineralisierung führt, stellte Toverud kürzlich auf der Wiesbadener Tagung der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin 1939 in einem Referat „Gebißerkrankungen als Ausdruck einer Fehlernährung" fest, daß zwar der von der Speicheldrüse abgesonderte Speichel praktisch frei von dem Enzym sei, das den Rohrzucker aufspaltet, daß der Speichel der Mundhöhle aber, dem Bakterien beigemischt sind, große Mengen des Enzyms aufweise. Toverud sah eine Demineralisierung des Schmelzes, wenn dieser 5 Tage lang in steriler Rohrzuckerlösung, der frischer Speichel zugesetzt war, im Brutschrank belassen wurde. Er vermochte auch nicht zu bestätigen, daß Bienenhonig ohne Einwirkung auf den Schmelz bleibt.

Eigene Versuche.

Unsere eigenen Versuche über die Einwirkung der verschiedenen Zuckerarten auf den Schmelz in vitro wurden mit einem 2% Zucker-Speichel-Gemisch ausgeführt. Wir verwandten zu den Versuchen nur frisch extrahierte Zähne. Diese stammten von Personen jedes Alters zwischen 16—64 Jahren. Die Auswahl der Zähne wurde so getroffen, daß für jeden Versuch sowohl Zähne aus einem verhältnismäßig kariesanfälligen, wie auch Zähne aus einem karieswiderstandsfähigen Gebiß zur Verfügung standen. Es wurde weiterhin darauf geachtet, daß die Zähne möglichst intakt waren, und ihr Schmelz auch bei Lupenbetrachtung keine Sprünge zeigte. Alle Zähne wurden von ihrer mesio- und disto-approximalen Seite photographiert und vor dem Einbringen in das Zucker-Speichelgemisch mit einer Schicht Bienenwachs überzogen, wobei die mesio- und disto-approximalen Seiten frei von Wachs blieben und allein der Einwirkung ausgesetzt waren, welche Gebiete bekanntlich Prädilektionsstellen der Karies in vivo sind.

Das Zucker-Speichelgemisch wurde von folgenden Zuckerarten hergestellt: Rohrzucker, Rübenzucker, Invertzucker, Fruchtzucker, Traubenzucker, Malzzucker, Milchzucker, Galaktose, Pfefferminz, Saure Drops, Marzipan, Honig, Kunsthonig und Caramel. Der Speichel stammte stets von derselben Person (dem Verfasser), wurde immer zur gleichen Tageszeit entnommen. Es wurde ferner darauf geachtet, daß 3 Stunden vor der Entnahme weder etwas getrunken noch gegessen worden war, so daß alle Versuche unter den gleichen Bedingungen durchgeführt wurden. Von den Zuckern wurde dann eine 2% Speichellösung hergestellt, mit einem entsprechend vorbereiteten Zahn in vitro gebracht und bei 37° im Thermostaten 15 Tage belassen. Das Gemisch wurde jeden dritten Tag erneuert.

Um den Anstieg der Säurekonzentration des Gemisches zu bestimmen, wurde der pH-Wert der Lösung bei der Herstellung, nach 24 Stunden und am Ende des Versuches gemessen. Zur pH-Wertbestimmung bedienten wir uns der elektrometrischen Methode mit der Chinhydronelektrode, die mit einer Genauigkeit von 0,02 pH arbeitet.

Die Versuche wurden in 14 Gruppen eingeteilt, wobei auf jede Gruppe 4 Zähne entfielen, von denen je 2 einem kariesanfälligen und karieswiderstandsfähigen Gebiß entstammten. Im ganzen wurden 56 Zähne zu den Versuchen verwandt. Um nun ein genaues Bild der Versuchsanordnung wie auch der Ergebnisse zu geben, lassen wir einige Versuchsgruppen als Beispiel folgen, um anschließend alle in einer Tabelle zusammenzufassen.

I. Gruppe: Rohrzucker.

kariesresistent:

1. W., Alfred, 16 Jahre $\overline{8|}$
2. J., Hermann, 51 Jahre $\overline{1|}$

nicht kariesresistent:

3. H., Gustav, 53 Jahre $|\overline{4}$
4. H., Gustav, 53 Jahre $|\overline{5}$

I. 1. $\overline{8|}$: Der Zahn ist völlig intakt, der Schmelz ist spiegelnd, zeigt keine Defekte und ist weißlich-gelb. Fissur o. B.

I. 2. $\overline{1|}$: Der Zahn ist völlig intakt, zeigt bukkal leicht graue Beläge, am Zahnhals leichter Zahnsteinansatz. Schmelz weißlich-gelb.

I. 3. $\overline{|4}$: Bukkaler Höcker zeigt leichte Abkauung, bukkal am Zahnhals kleine Silber-Amalgamfüllung nach mesio-approximal herumreichend, keine Sekundärkaries. Lingual o. B. Distoapproximal leichte beginnende Zahnhalskaries. Im übrigen o. B. Schmelz weißlich-gelb.

I. 4. $\overline{|5}$: Bukkaler Höcker zeigt Abrasio, lingual o. B. Disto-approximal kleine Ag-Füllung, keine Sekundärkaries, mesio-approximal am Zahnhals leichte bräunliche Verfärbung. Schmelz weißlich-gelb.

Alle Zähne mit Bienenwachs überzogen, nur mesio- und disto-approximale Flächen frei von Wachs.

Nach 48 Stunden keine Einwirkung.

4. Tag: Der Schmelz ist noch spiegelnd, stellenweis an allen 4 Zähnen stecknadelkopfgroße stumpfe Flecken leicht weißlich verfärbt.

8. Tag: An allen 4 Zähnen ist die gesamte freie Fläche stumpf geworden, peripher hat die weißliche Verfärbung größeren Umfang angenommen und ist besonders intensiv bei 3. und 4. zu beobachten.

15. Tag: Bei 1. und 2. hat die weißliche Verfärbung fast die ganze Fläche ergriffen. Schmelzteilchen lassen sich nicht ablösen.
3. und 4. zeigen ein ähnliches Bild, doch lassen sich geringe Mengen Schmelzpulver ablösen.

V. Gruppe: Traubenzucker.

kariesresistent:

1. Sch., Johanna, 50 Jahre $\underline{8|}$
2. N., Auguste, 46 Jahre $\underline{|8}$

nicht kariesresistent:

3. B., Gustav, 33 Jahre $\underline{|1}$
4. H., Dora, 64 Jahre $\underline{5|}$

V. 1. $\underline{8|}$: Der Zahn ist intakt. Schmelz weißlich-gelb.

V. 2. $\underline{|8}$: Der Zahn ist intakt. Fissur leicht bräunlich verfärbt. Schmelz grau-weiß.

V. 3. $\underline{|1}$: Bukkal und lingual bräunliche Verfärbung, mesio-approximal linsengroße Steinzementfullung, keine Sekundärkaries, disto-approximal stecknadelkopfgroße, ausgewaschene Silikatfüllung. Schmelz grau weiß. Abrasio.

V. 4. $\underline{5|}$: Der Zahn ist intakt. Schmelz weißlich-gelb.

Alle Zähne mit Bienenwachs überzogen, nur mesio- und disto-approximale Seiten frei von Wachs.

Nach 48 Stunden keine Einwirkung.

4. Tag: Bei 1. und 2. keine Einwirkung. Bei 3. und 4. ist die freie Fläche stumpf geworden.

8. Tag: Bei 1. und 2. ist die freie Fläche stumpf geworden, kleine weißliche Flecke sind besonders in der Peripherie zu beobachten. Bei 3. und 4. ist die gesamte Fläche weißlich verfärbt.

15. Tag: An allen Zähnen sind die Flächen kreidig-weiß verfärbt, es lassen sich Schmelzteilchen ablösen, besonders leicht bei 3. und 4.

IX. Gruppe: Saure Drops.

kariesresistent:

1. S., Anna, 53 Jahre $\underline{|1}$

2. W., Martha, 35 Jahre $\overline{|1}$

nicht kariesresistent:

3. B., Albert, 44 Jahre $\underline{|1}$

4. B., Berta, 34 Jahre $\underline{2|}$

IX. 1. $\underline{|1}$: Der Zahn ist intakt, Schmelz weißlich-gelb.

IX. 2. $\overline{|1}$: In der Mitte der Krone hypoplasieähnliche Delle im Schmelz, die sich um die ganze Zahnkrone herumzieht, im übrigen o. B. Schmelz bläulich-weiß.

IX. 3. $\underline{|1}$: Der Zahn ist bis auf eine kleine Schmelzusur mesio-approximal an der Schneidekante völlig intakt. Schmelz grau-weiß.

IX. 4. $\underline{2|}$: Lingual am Zahnhals kleine Karies I, sonst intakt. Schmelz weißlich-gelb.

Alle Zähne mit Bienenwachs überzogen, mesio- und disto-approximale Flächen frei von Wachs.

Nach 48 Stunden zeigen sich bei 1. und 2. an der Peripherie der Fläche gering kreidig verfärbte Stellen. 3. und 4. zeigen diese Verfärbungen in etwas ausgeprägterem Maße.

4. Tag: Bei 1. und 2. hat die Verfärbung an Umfang zugenommen, aber noch nicht die gesamte Fläche ergriffen, während letzteres bei 3. und 4. der Fall ist.

8. Tag: An allen Zähnen ist die gesamte freie Fläche kreidig verfärbt; es lassen sich Schmelzpartikel ablösen.

15. Tag: Das Bild hat sich gegenüber dem 8. Tag kaum mehr verändert.

XI. Gruppe: Honig.

kariesresistent:

1. W., Martha, 35 Jahre $\lceil\overline{2}$
2. W., Martha, 35 Jahre $\overline{3}\rceil$

nicht kariesresistent:

3. B., Gustav, 33 Jahre $\lceil\overline{1}$
4. B., Gustav, 33 Jahre $\lceil\overline{2}$

XI. 1. $\lceil\overline{2}$: Bukkal in der Mitte der Krone eine hypoplasieähnliche Delle im Schmelz, die sich rings um den ganzen Zahn zieht, sonst intakt. Schmelz grau-weiß.

XI. 2. $\overline{3}\rceil$: Bukkal und lingual leichte Hypoplasie des Schmelzes, sonst o. B. Schmelz grau-weiß.

XI. 3. $\lceil\overline{1}$: Schneidekante nach distal stark abgekaut, mesio- und disto-approximal leichte bräunliche Verfärbung, sonst o. B. Schmelz grau-weiß.

XI. 4. $\lceil\overline{2}$: Distal geringe Abrasio, mesio-approximal stecknadelkopfgroße Karies I, disto-approximal leicht bräunliche Verfärbung am Zahnhals. Schmelz grau-weiß.

Alle Zähne mit Bienenwachs überzogen, mesio- und disto-approximale Flächen frei von Wachs.

Nach 48 Stunden keine Einwirkung.

4. Tag: Keine Einwirkung.
8. Tag: Keine Einwirkung.
15. Tag: Keine Einwirkung.

XII. Gruppe: Kunsthonig.

kariesresistent:

1. W., Martha, 35 Jahre $\overline{5}\rceil$
2. W., Martha, 35 Jahre $\overline{7}\rceil$

nicht kariesresistent:

3. G., Elise, 62 Jahre $\lceil\overline{4}$
4. M., Waltraud, 24 Jahre $\lfloor\underline{8}$

XII. 1. : Der Zahn ist intakt, Schmelz grau-weiß.

XII. 2. : Der Zahn ist intakt, Schmelz grau-weiß.

XII. 3. : Bukkal und mesio-approximal am Zahnhals beginnende bandförmige Karies, disto-approximal leichte bräunliche Verfärbung am Zahnhals, im übrigen o. B. Schmelz weißlich-gelb.

XII. 4. : Der Zahn ist intakt, Schmelz grau-weiß.

Alle Zähne mit Bienenwachs überzogen, mesio- und disto-approximale Flächen frei von Wachs.

Nach 48 Stunden keine Einwirkung.

4. Tag: Peripher beginnende geringe kreidige Verfärbung an allen Zähnen.

8. Tag: Die Verfärbung hat an Umfang zugenommen, doch noch nicht die ganze Fläche ergriffen. Die Verfärbung ist an allen Zähnen ungefähr gleich stark.

15. Tag: Die kreidige Verfärbung ist an allen Zähnen gleichmäßig intensiver geworden, doch lassen sich Schmelzteilchen nicht ablösen.

Die gesamten Versuche wurden nun in zwei Tabellen zusammengefaßt. In Tabelle I wurde der Anstieg der Säurekonzentration, in Tabelle II die Einwirkung der 14 Zucker-Speichelgemische auf den Schmelz dargestellt.

Tabelle I.

Zuckerart	PH nach		
	0 St.	24 St.	15 Tagen
Rohrzucker	7,01	5 08	3,65
Rübenzucker	6,89	5,01	3,58
Invertzucker	7,02	4,91	3,46
Fruchtzucker	7,01	5,03	3,72
Traubenzucker	6,78	4,78	3,48
Malzzucker	6,96	4,76	3,54
Milchzucker	6,92	4,95	3,57
Galaktose	7,02	5,02	3,62
Pfefferminz	6,94	5,01	3,59
Saure Drops	6,75	4,35	3,28
Marzipan	6,93	6,45	6,38
Honig	6,82	6,52	6,51
Kunsthonig	7,01	4,94	3,39
Caramel	6,87	4,89	3,63

Tabelle II.

Zuckerart	Einwirkung nach			
	48 St.	4 Tagen	8 Tagen	15 Tagen
Rohrzucker	keine	wenig	wenig	erheblich
Rübenzucker	„	„	„	„
Invertzucker	„	„	erheblich	stark
Fruchtzucker	„	„	„	„
Traubenzucker	„	„	„	„
Malzzucker	„	„	„	„
Milchzucker	„	„	wenig	wenig
Galaktose	„	„	„	erheblich
Pfefferminz	„	„	erheblich	stark
Saure Drops	„	erheblich	stark	sehr stark
Marzipan	„	keine	keine	keine
Honig	„	„	„	„
Kunsthonig	„	wenig	erheblich	stark
Caramel	„	„	„	„

Nach 15 Tagen wurden also die Zähne aus dem Zucker-Speichelgemisch herausgenommen, von der Wachsumhüllung befreit und in sterile physiologische Kochsalzlösung gelegt, der etwas Natrium bicarbonicum beigegeben war, um jede weitere Säureeinwirkung zu verhindern.

Die Betrachtung der einzelnen Zähne zeigte, daß außer von Honig und Marzipan alle von dem Zucker-Speichelgemisch angegriffen und kreidig verfärbt waren. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß der Beginn der Einwirkung zwischen dem 2. und 4. Tag lag, und daß in der Regel die Einwirkung zuerst bei den Zähnen deutlich wurde, die einem nicht kariesresistenten Gebiß entstammten. Doch war der zeitliche Unterschied in der Einwirkung bei den beiden Zahngruppen nicht sehr erheblich. Die zeitlich schnellste Einwirkung fand bei dem Saure Drops-Gemisch statt, wo wir schon nach 24 Stunden eine deutliche Stumpfheit und leicht kreidige Verfärbung der freien Fläche beobachten konnten. Daß eine Einwirkung auch außerhalb der freien Fläche, d. h. unter der Wachsschicht stattfand, konnten wir nicht feststellen. Im Gegensatz zu Wohinz stellten wir auch bei Rohrzucker und Rübenzucker eine entkalkende Wirkung des Gemisches fest und konnten damit die Beobachtungen von Toverud bestätigen. Andererseits konnten wir bei Honig und Marzipan dieselben Feststellungen wie Wohinz treffen. Honig und Marzipan greifen den Schmelz nicht an. Auch Pfefferminz wirkte entkalkend auf den Schmelz ein. Dies bestätigt die Beobachtung von Einmahl, der in einer Krankengeschichte von Gebißzerfall auf Grund dauernden Gebrauchs von Pfefferminz bei einem seiner Patienten berichtete. Pfefferminz enthält als Grund-

masse Puderzucker. Die schnellste und weitaus stärkste Einwirkung erzielten wir mit sauren Drops.

Um den Grad der Entkalkung des Schmelzes genauer zu bestimmen, fertigten wir von den Versuchszähnen Anschliffe an, und stellten unter Lupenbetrachtung das Vordringen der Entkalkung fest.

Die Entkalkung ging in keinem Fall durch die gesamte Dicke des Schmelzes. Nur bei den Gemischen, die eine sehr starke Einwirkung entfaltet hatten, war die Entkalkung bis etwa $^1/_5$ mm im Schmelz vorgedrungen. Bei allen anderen Zähnen konnte nur festgestellt werden, daß die Entkalkung auf jeden Fall über das Schmelzoberhäutchen hinaus in die Schmelzsubstanz eingedrungen war. Eine genaue Messung ließ sich nicht durchführen.

Unsere Untersuchungen ergaben somit, daß alle aufgeführten Zucker außer Honig und Marzipan in Speichellösungen den Schmelz angreifen, auch Rohrzucker und Rübenzucker.

Natürlich darf man die Reagenzglasversuche nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse im Munde übertragen. Hier spielt die Verweildauer eine entscheidende Rolle. Wird durch Abspülung oder sonstige Beeinträchtigungen (Kauakt, neutralisierende desinfizierende Stoffe) die zuckerhaltige Masse beseitigt, bevor hinreichend Säure gebildet werden konnte, so muß jede Entkalkung ausbleiben. Hieraus lassen sich auch die guten Gebißverhältnisse erklären, die W o h i n z in einer Tangermünder Zuckermühle bei den dort beschäftigten Arbeitern beobachten konnte.

Literatur.

1. Beretta: La pathogénie de la carie dentaire. Extrait de la Revue belge de stomatologie No. 4. 1932.
   — Carie in vitro e carie in vivo 1932. Zentralblatt f. d. ges. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1936.
2. Berg, Ragnar: Zerstört Zucker die Zähne? Z. R. 1936 Nr. 17.
3. Bolbrinker: Künstliche Zahnkaries. Z. R. 1920.
4. Bunting, Russel W.: Untersuchung über die Bakteriologie, Chemie und den Einfluß der Ernährung auf die Zahnkaries durch die Michigan-Forschungsabteilung. Journel of Dental Research 14. Jahrg. H. 2, S. 97.
5. Fasoli u. Manicardi: Carie in vivo e carie in vitro. (Conunicaz. al XXC. I. di Roma) Aprile 1933.
   — Il contributo italiano allo studio della eziologia e patogenese della carie dentaria. Zentralblatt f. d. ges. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1936.
6. Hallberg, Per: Über die Erzeugung und Bedeutung der künstlichen Karies. D. z. W. 1928 Nr. 17.
7. Hopewell-Smith: Concerning the production of dental caries. Dental Cosmos 1915.
8. Klie: Untersuchungen über Karies in vitro. Inaugural-Dissertation Göttingen 1937.
9. Kunert: Zerstört Zucker die Zähne? Z. R. 1936 Nr. 10.
10. Magitôt: Traité de la carie dentaire. Paris 1867.
11. Mathis: Zahnkaries beim Menschen. Zeitschrift für Stomatologie 14, 1938.
12. Miller, W. D.: Die Mikroorganismen der Mundhöhle. Leipzig 1892.
13. Rademacher: Kampf der Karies. Z. M. 1937 Nr. 10.
14. Seitz: Beitrag zur Aetiologie der Zahnkaries. M. med. W. 1921 S. 360.
15. Schröder, Hermann: Zucker und Zähne. Die Ernährung, 1938/7.
   — Zur Frage der Kariesprophylaxe. Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1935.
   — Über neuere Ergebnisse der Kariesforschung. Kampf der Karies 3. Jahrg. Nr. 10.
16. Solinas, M.: Ricerche sperimentali sulla cosidetta „carie in vitro". La stomatologia. Anno XXXIII, N. 8. 1935 — XIII.
17. Steudel, Hermann: Experimentelle Beiträge zur Ätiologie der Zahnkaries. Deutsche Zahn-, Mund und Kieferheilkunde 1938 H. 2.
18. Toverud: Gebißerkrankungen als Ausdruck einer Fehlernährung. Wiesbadener Tagung der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin 1939.
19. Walkhoff: Biologische Studien über das Wesen der Zahnkaries. D. Zahnheilkunde 1919. H. 42.
20. Wannenmacher: Fragen und Aufgaben der Kariesprophylaxe. Z. M. Nr. 11.
21. Wohinz, Rudolf: Zucker und Zähne. Kampf der Karies 3. Jahrg. Nr. 9.
   — Über Versuche der primären Vorgänge bei der Zahnkaries. Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1938.
   — Neuere Erkenntnisse über die Gründe der Zahnschädigungen im Bäcker- und Konditorengewerbe. Kampf der Karies 3. Jahrg. Nr. 10.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. Rebel für die Überlassung des Themas und liebenswürdige Unterstützung meinen besten Dank aussprechen.

Lebenslauf.

Am 29. April 1913 wurde ich als Sohn des Bauern Heinrich Leisenberg und seiner Ehefrau Frieda, geb. Wietfeldt, in Kleinburgwedel geboren. Nach sechsjährigem Besuch einer Volksschule kam ich zur Leibnizschule in Hannover, wo ich am 1. März 1934 das Reifezeugnis erhielt. Vom 7. Mai bis 15. Oktober 1934 war ich im Arbeitsdienst und begann im W.-S. 1934/35 das Studium der Zahnheilkunde an der Universität Göttingen. Im W.-S. 1935/36 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung und erhielt am 2. Juni 1938 die Approbation als Zahnarzt. Vom 1. Juli 1938 an war ich zunächst als Volontär, dann als außerplanmäßiger Assistent an der chirurgischen Abteilung des Zahnärztlichen Institutes der Universität Göttingen tätig.

Druck: Buchdruckerei Stephansstift, Hannover-Kleefeld.